

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

FACULTAD REGIONAL HAEDO



INGENIERÍA MECÁNICA I

Unidad Temática N° 2

MEDICIONES

- Teoría -



Contenido

MEDICIONES	3
VERNIER O CALIBRE	5
USO DEL CALIBRE	7
CONTROLES	8
MICROMETRO	9
RELOJ COMPARADOR	12
ALESÓMETRO	14
TEORIA DE ERRORES	17
ERRORES DE MEDICION.....	19
INCERTIDUMBRE COMBINADA.....	21
CRITERIO DE REDONDEO	22



MEDICIONES

Cuando se llevan a cabo la construcción de máquinas y aparatos es necesario que las piezas que las componen se ajusten recíprocamente, al montarlas, sin que se las someta a un tratamiento o ajuste previo.

A partir de esto podemos definir el concepto de intercambiabilidad.

Intercambiabilidad: Permite sustituir una pieza por otra, al montar o reparar las máquinas, sin tratamiento o ajuste suplementario.

La premisa fundamental de la intercambiabilidad es la elección de un proceso tecnológico de tratamiento de los metales que asegure una fabricación con igual precisión.

A continuación, daremos algunas definiciones importantes.

Medida: Es la evaluación de una magnitud según su relación con otra magnitud de la misma especie adoptada como unidad.

Tomar la medida de una magnitud es compararla con la unidad de su misma especie para determinar cuantas veces ésta se halla contenida en aquella.

Repetibilidad: Cuando las mediciones las efectúan la misma persona, sobre la misma pieza, con el mismo instrumento, el mismo método y el mismo ambiente.

Reproducibilidad: Cuando las mediciones las efectúan diferentes personas, sobre la misma pieza, con distintos instrumentos o ambientes o métodos diferentes.

Discrepancia: Se denomina así a la diferencia entre las dimensiones reales y nominales.

Incertidumbre: Se denomina así al intervalo o rango de valores en donde existe una duda razonable que se encuentre el valor real de la medida realizada.



En rigor, es imposible hacer una medición totalmente exacta, por lo tanto siempre habrá errores al hacer las mediciones.

Estos errores podrán ser despreciables o significativos en función de la aplicación que se le dé a la medida.

Los errores surgen debido a la imperfección de los sentidos, de los medios, de la observación, de las teorías que se apliquen, de los aparatos de medición, de las condiciones ambientales.

A continuación, haremos un repaso de la utilización y lectura que se efectúan con dos instrumentos de medición:

- Vernier o calibre
- Micrómetro

Antes de avanzar sobre la explicación, es importante definir dos conceptos, que generalmente se confunden. Estas definiciones valen para todos los instrumentos de medición.

Precisión: Se entiende por precisión al grado de correspondencia entre las dimensiones medida y las nominales de la pieza.

Apreciación: Se entiende por apreciación a la menor dimensión que se puede leer con el instrumento.

Está definida por la expresión:

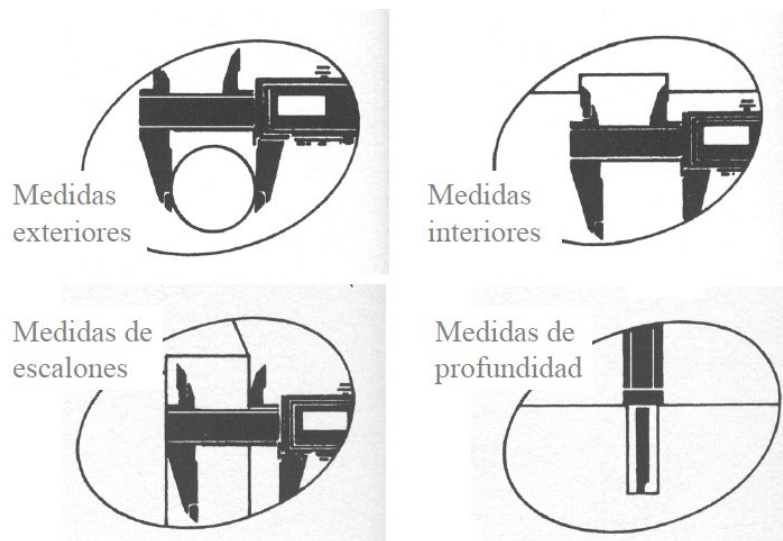
$$A = \frac{\text{Menor división de la escala principal}}{\text{Nº división de la escala auxiliar}}$$



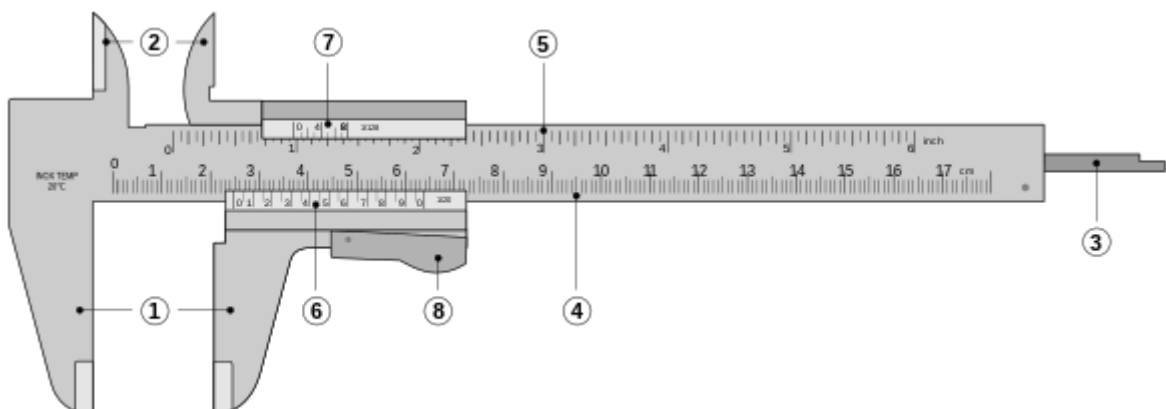
VERNIER O CALIBRE

Es un instrumento de lectura directa que brinda una medida en forma sencilla y en una sola operación.

El calibre típico permite tomar 3 tipos de mediciones: Exteriores, interiores y profundidad y en algunos casos pueden realizarse medición de peldaños.



A continuación, se muestra un esquema de un vernier



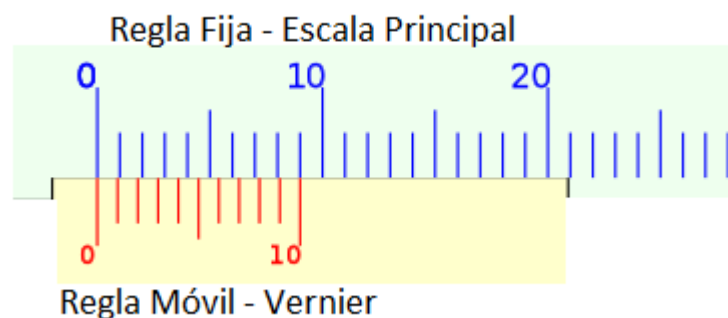


1. Mordazas para medidas exteriores.
2. Mordazas para medidas interiores.
3. Sonda para medida de profundidades.
4. Escala con divisiones en centímetros y milímetros.
5. Escala con divisiones en pulgadas y fracciones de pulgada.
6. Nonio para la lectura de las fracciones de milímetros en que esté dividido.
7. Nonio para la lectura de las fracciones de pulgada en que esté dividido.
8. Botón de deslizamiento y freno.

El vernier es una escala auxiliar (móvil) que se desplaza a lo largo de una escala principal (fija) para permitir en estas lecturas fracciones exactas de la mínima división.

Para lograr esto un vernier esta graduada en un número de divisiones iguales en la misma longitud que $n - 1$ divisiones de la escala principal, ambas escalas están marcadas en la misma dirección.

En la siguiente figura vemos que a 10 divisiones del vernier le corresponden 9 divisiones de la escala principal.



La apreciación de este instrumento será:

1 mm

$A = \frac{1 \text{ mm}}{10} = 0,1 \text{ mm}$

10 div



Si la escala auxiliar estuviera dividida en 20 divisiones, le corresponderán $n - 1 = 19$ divisiones de la escala principal, y la apreciación será:

$$A = \frac{1 \text{ mm}}{20 \text{ div}} = 0,05 \text{ mm}$$

USO DEL CALIBRE

Hay ciertas medidas a tener en cuenta cuando se utiliza el calibre para efectuar una medición:

- Siempre se debe efectuar la medición lo más cercana a la superficie de referencia y no hacerlo con las puntas del instrumento.
- Asegurarse de lograr un buen contacto entre las puntas del instrumento y la pieza a medir.
- No golpear el instrumento.
- Mantenerlo limpio.
- No utilizarlo para efectuar operaciones de trazado.
- No efectuar una fuerza excesiva al realizar la medición, ya que eso introduce errores, además de dañar al instrumento.
- Tomar la lectura alineados con la escala.
- Refrigerar la pieza a medir (si se la está mecanizando) de manera que la operación se realice a temperatura ambiente.



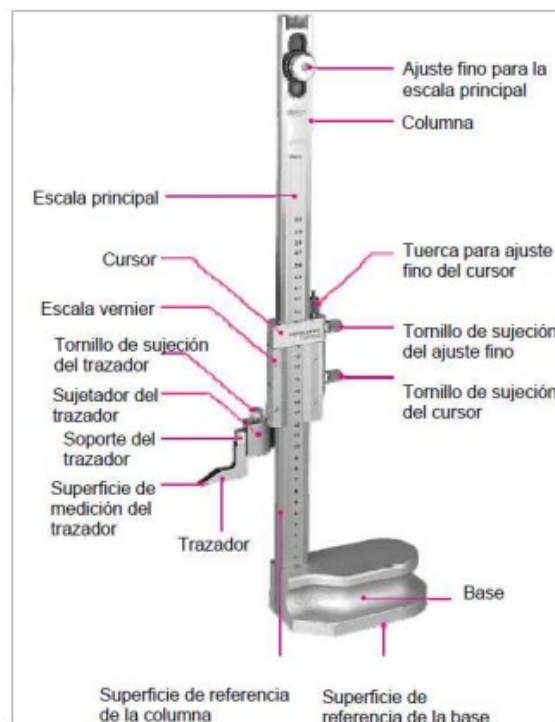
CONTROLES

Ajuste a cero: Se cierra el calibre hasta que las puntas estén en contacto y se observa que el instrumento indique cero. De lo contrario debe hacerse calibrar el instrumento.

Control de calibración: Para esto se utilizan bloques patrones que poseen una dimensión determinada y calibrada y se efectúan distintas mediciones con distintos bloques de distintas dimensiones y se observan las distintas lecturas efectuadas y si coinciden o no.

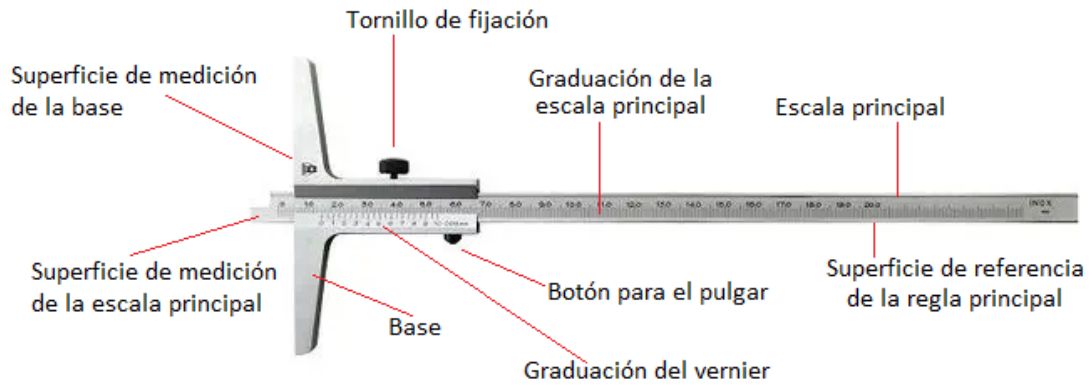
A continuación mencionaremos otros calibres y cuyo principio es igual al ya descripto.

Medidor de altura con vernier





Calibre de profundidad

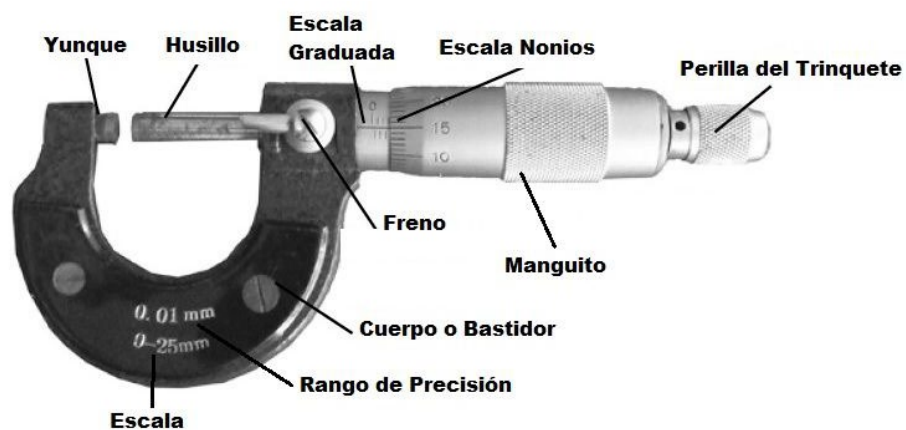


MICROMETRO

El micrómetro es un dispositivo que mide el desplazamiento del husillo cuando este es movido mediante el giro de un tornillo, lo que convierte el movimiento giratorio del tambor en el movimiento lineal del husillo.

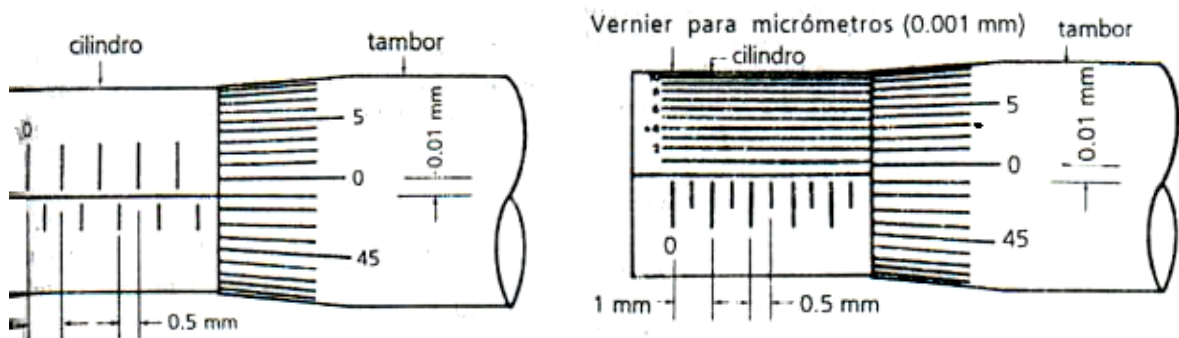
Las graduaciones alrededor de la circunferencia del tambor permiten leer cambios pequeños en la posición del husillo.

En la siguiente figura podemos ver las partes que conforman a un micrómetro.





Con la ayuda de la siguiente figura podemos determinar la apreciación del instrumento.



0,5 mm

$A = \frac{0,5 \text{ mm}}{50 \text{ div}} = 0,01 \text{ mm}$

50 div

Esto surge porque el tornillo posee un paso de 0,5 mm y su tambor está graduado en 50 divisiones alrededor de su circunferencia.

Para efectuar una medición se coloca la pieza a medir dentro del arco, entre los topes, y girando tambor se efectúa una primera aproximación, no debe hacerse tope y forzar el husillo con el uso del tambor, el ajuste final debe hacerse con la ayuda del trinquete para no dañar al instrumento.

Existen micrómetros para distintos tipos de mediciones según la geometría de la pieza.

Podemos mencionar algunos como:

- micrómetro para ranuras.
- Micrómetro tipo disco
- Micrómetro para dientes de engranajes
- Micrómetro para interiores



Los micrómetros se seleccionan en función de la geometría de la pieza y la magnitud a medir, para ello tenemos micrómetros de distintas dimensiones:

0 – 25 mm

25 – 50 mm

50 – 75 mm, etc.

También se puede utilizar un micrómetro con rango de medición de 25 mm y arco grande, con tope de medición intercambiable.



Micrometro con topes intercambiables



Micrómetro de interiores



Micrómetro de profundidad



Los cuidados y controles que se deben tener en cuenta con este instrumento son iguales a los mencionados para el calibre.

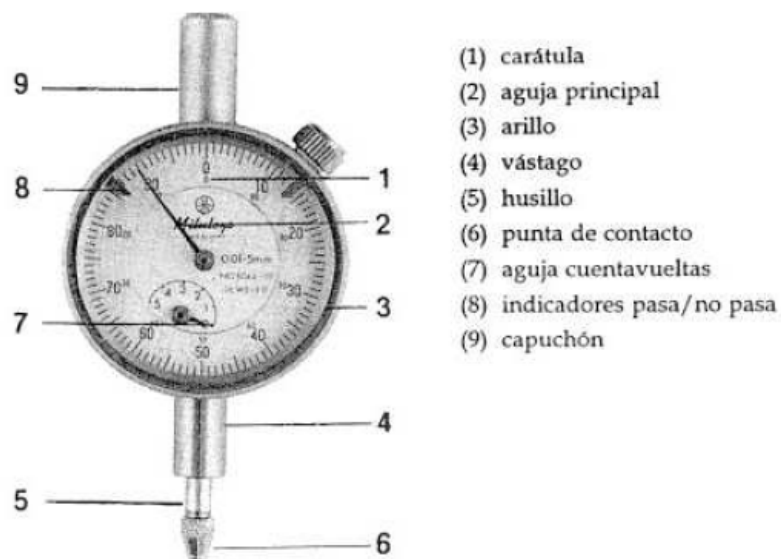
RELOJ COMPARADOR

El reloj comparador es un instrumento para medir longitudes y formas, mediante medida diferencial (por comparación).

Los pequeños desplazamientos de la punta de palpación son amplificados mecánicamente y se transmiten a una aguja indicadora.

El reloj comparador suele tener un campo de medida de 10 mm aunque existen relojes comparadores desde 10 micras hasta 100 mm. La resolución de los relojes comparadores suele ser de 0,01mm aunque también hay resoluciones de 0,001 mm.

Partes de un reloj comparador





Lectura del comparador

1° se mira la caratula secundaria.

2° se mira la caratula principal.

El rango de medición para este comparador es de 0,01 mm a 10 mm



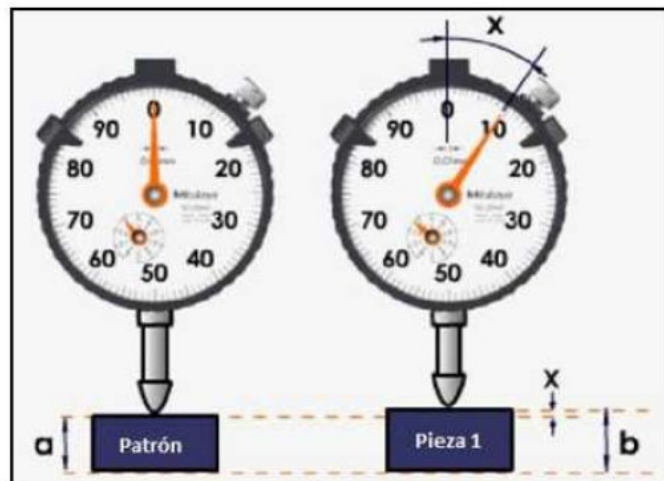
Ejemplo:



Para medir la variación en la medida entre piezas, primero se debe ajustar a cero el comparador haciendo uso de un patrón que tenga un valor establecido o una superficie plana como un mármol de granito. Una vez se establece a cero, se sujeta el comparador en ese punto por medio de un soporte para asegurar que no



se va a perder el cero, luego se procede a medir las piezas a las cuales se les desea saber cuánto varía al patrón.



Los relojes comparadores pueden ser mecánicos o digitales.



Aplicaciones.

La ventaja de un comparador es que sirve para un gran número de mediciones como por ejemplo planitud, circularidad, cilindricidad, esfericidad, concentricidad, desviación, desplazamiento, etc.

ALESÓMETRO

El alesómetro, es como el comparador normal, pero con la punta de contacto a 90° para poder comparar interiores de tubos o de huecos circulares.



Características:

- ✓ Permite la medición del diámetro interior con una gran exactitud.
- ✓ Mayor recorrido efectivo (en comparación con el producto convencional).
- ✓ Las puntas de contacto son de carburo esto asegura una alta durabilidad y resistencia al desgaste.
- ✓ Se pueden unir barras de extensión opcional para medir agujeros profundos.

Puntas de contacto:



Alesómetro digital.



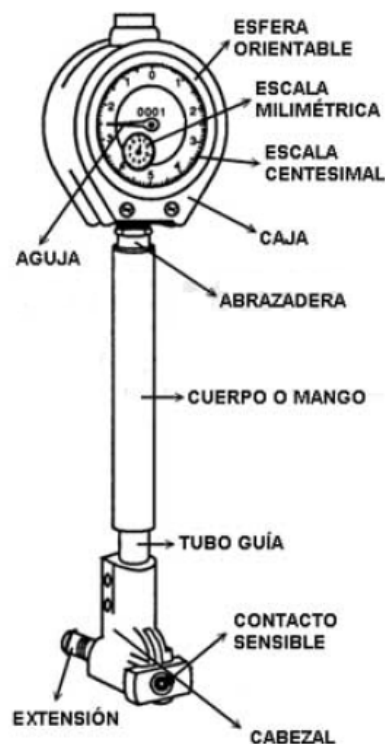


El alesómetro o verificador de interiores es un tipo de reloj comparador, adecuado para la medición de diámetros interiores por comparación.

La mayor aplicación del alesómetro se encuentra en el mecanizado, donde es la herramienta específica para medir no sólo el diámetro interior, sino también el ovalamiento y la conicidad que existen en las superficies cilíndricas.

Aunque actualmente se comercializan diversos tipos de alesómetros, tanto analógicos como digitales de variados diseños, podemos esquematizar sus partes básicas de acuerdo a la siguiente imagen:

Partes de un alesómetro:



El instrumento de medida de la parte superior no es más que un reloj comparador acoplado al cuerpo, mango o barra vertical mediante una abrazadera o una tuerca de fijación. Este reloj comparador puede estar graduado en fracciones de milímetro o pulgada y posee una esfera orientable que permite la puesta a cero. El mango de sujeción, generalmente construido en acero, está recubierto por un revestimiento que reduce la transferencia de calor de las manos al instrumento, lo



que minimiza la posibilidad de lecturas inexactas causadas por la expansión térmica del metal.

El cabezal o barra horizontal está compuesto por un contacto sensible o palpador fijo, dos contactos centralizadores, una pieza de extensión o palpador móvil intercambiable y un mecanismo interno que transmite el movimiento del palpador fijo (que detecta las variaciones de la superficie) a la esfera del reloj comparador. Los contactos centralizadores mantienen la posición correcta del palpador fijo en el diámetro a medir mediante un dispositivo de resorte.

Como siempre para estos instrumentos de precisión, deben extremarse los cuidados para realizar lecturas precisas y proteger los delicados mecanismos.

TEORIA DE ERRORES

Es importante saber que siempre que se mide se cometen errores y es imposible evitarlos. Por lo tanto el valor exacto de una magnitud será siempre desconocido.

Fuentes de Incertidumbre

Todas las mediciones tienen asociada una incertidumbre que puede deberse a los siguientes factores:

- la naturaleza de la magnitud que se mide,
- el instrumento de medición,
- el observador,
- las condiciones externas.

Cada uno de estos factores constituye por separado una fuente de incertidumbre y contribuye en mayor o menor grado a la incertidumbre total de la medida. La tarea de detectar y evaluar las incertidumbres no es simple e implica conocer diversos aspectos de la medición. En principio, es posible clasificar las fuentes de incertidumbres en:



Groseros: Es causado por negligencia, descuido, impericia o cansancio del operador. Es detectable y se elimina la medición correspondiente.

Sistemáticos: Responden a leyes conocidas y pueden anularse o bien disminuir su influencia considerablemente, lo que no se pueden eliminar.

Por ejemplo, la influencia de la temperatura:

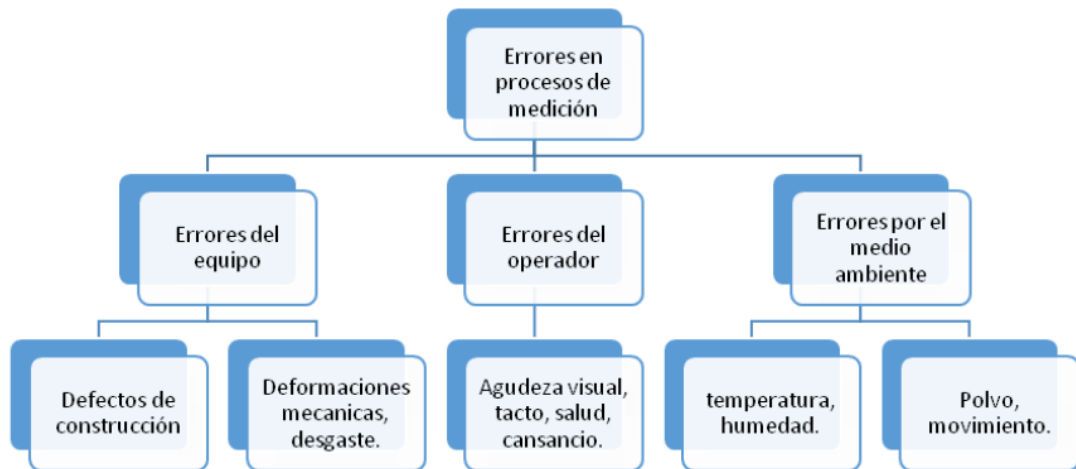
$$L_f = L_o (1 + \alpha \Delta T)$$

Si conocemos el coeficiente de dilatación y la variación de temperatura, podemos calcular el error y el signo del error.

Entonces vemos que este error es predecible y podemos determinar su magnitud y signo.

Accidentales: Estos son fortuitos, no responden a ninguna ley. Tiene igual posibilidad de ser positivos como negativos. Por ejemplo, al hacer una medición cometeremos un error en mas o en menos, cuyo entorno dependerá de la apreciación del instrumento y de la agudeza visual del operador.

Otra manera de clasificar los errores es:



ERRORES DE MEDICION

Al medir un mismo objeto varias veces, es de suponer que obtendremos valores distintos. En caso de tener todos valores iguales da lugar a sospechar que la medición se está efectuando con un instrumento que no posee la precisión requerida.

Si se mide n veces a un mismo objeto tendré: $X_1 ; X_2 ; X_3 ; \dots ; X_n$

De todos estos valores debo obtener uno que se aproxime lo más posible al verdadero valor que es desconocido.

Se define a \bar{X} como el **VALOR MAS PROBABLE** y será el valor representativo de las mediciones efectuadas.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$



Se llama **DESVIACIÓN** de cada medición a: $\varepsilon = X - \bar{X}$

Para cada medición tendremos una desviación: $\varepsilon_1 ; \varepsilon_2 ; \varepsilon_3 ; \dots ; \varepsilon_n$. Por lo general serán valores positivos y negativos, por lo tanto, la sumatoria de dichos valores puede llegar a ser cero.

Por ello la suma de los cuadrados de cada una de las desviaciones es más representativa. Da una idea global de cómo fluctúan los valores medidos de X_i alrededor de \bar{X} .

Se define **VARIANZA** como el promedio de las desviaciones cuadráticas.

$$v = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n}$$

A la raíz cuadrada de la varianza se la define como la **DISPERSION o ERROR STANDARD** de cada medición.

$$\sigma = \sqrt{v}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n}}$$

σ nos da una idea precisa de la mayor o menor fluctuación o dispersión de los valores de X_i alrededor de \bar{X} .



σ será igual a cero si y solo si, todas las medidas son iguales. Solo depende del proceso de medición.

Se llama **ERROR RELATIVO** a la relación:

$$\eta = \frac{\sigma}{X}$$

El error relativo es sinónimo de precisión lineal.

El error porcentual será el error relativo multiplicado por 100.

$$\eta\% = \eta \times 100$$

Finalmente, el resultado se indica:

$$X = X \pm \sigma$$

INCERTIDUMBRE COMBINADA

Se denomina **incertidumbre combinada** al desvío estándar resultante de la acción conjunta de las varias fuentes de incertidumbres actuando simultáneamente sobre el proceso de medición. La incertidumbre combinada (σ_c) de las varias fuentes de incertidumbres puede ser estimada a partir de las incertidumbres de cada fuente de incertidumbres por:

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2}$$



Siendo:

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_n$: las incertidumbres de cada una de las “n” fuentes de incertidumbre.

σ_c : representa la incertidumbre combinada

El resultado final para una medición con múltiples fuentes de incertidumbre será:

$$X = X \pm \sigma_c$$

CRITERIO DE REDONDEO

El valor experimental de una magnitud debe expresarse con un número de cifras que viene determinado por el valor del error absoluto, ya que sería absurdo presentar una medida hasta la diezmilésima cuando el error estuviese en las décimas. Ese número de cifras es lo que se llama número de cifras significativas.

El número de cifras significativas es el número de cifras que hay desde la primera cifra distinta de 0 empezando por la izquierda hasta la primera cifra que venga afectada por el error absoluto, cuando éste es conocido.

Redondeo: un resultado no estará correctamente expresado si no se aplica adecuadamente el criterio de redondeo. Partiendo de la magnitud y de su error absoluto con todas sus cifras, el procedimiento de redondeo se resume de la siguiente manera:

¿Con cuántas cifras significativas se da la indeterminación y cómo condiciona esta la correcta expresión de la medida?

No tiene sentido físico indicar el error con más de una cifra significativa, por lo que habrá que redondear los números que arrojan sus resultados en la computadora o calculadora para escribir sus resultados finales.



Para expresar numéricamente el resultado de una medida “x” han de emplearse un número de cifras que depende del error σ . Concretamente no deberían utilizarse cifras de orden inferior al de la cifra de mayor orden del error absoluto.

Veamos ejemplos:

En una medición obtenemos un valor de $x = 474,32701\text{mm}$ con un error estimado de $\sigma = \pm 0,05\text{mm}$; el orden del error es de centésimas, por lo tanto, no deberíamos utilizar en la expresión del resultado cifras de menor orden que las centésimas. Así pues, la forma correcta de expresar el resultado será:

$$x = (474,33 \pm 0,05) \text{ mm}$$

El error absoluto debe darse con una sola cifra significativa: se tomará la cifra más significativa (la primera) de la indeterminación.

Esta cifra se redondeará según la que le siga. Si es mayor o igual a 5, se incrementa en una unidad y si es menor de 5, se deja como está.

Ejemplos de resultados de cálculos efectuados y sus expresiones finales con redondeo.

Resultado obtenido	Resultado aplicando criterio de redondeo
$453,368 \pm 0,512$	$453,4 \pm 0,5$
$0,0237 \pm 0,00146$	$0,024 \pm 0,001$
$5,467 \pm 0,028$	$5,47 \pm 0,03$
$56,789 \pm 0,186$	$56,8 \pm 0,2$
$37467,785 \pm 3427,612$	37000 ± 3000
$322,567 \pm 120,453$	300 ± 100